

2008.6.14 岩手宮城内陸地震調査速報

調査日 2008.6.28-30

調査員：國生・石澤・鈴木（M1）・長谷（M1）・伊藤（B4）

調査行程

- 2008.6.28
一関→（国道 457）→栗駒ダム→行者滝→荒砥沢ダム南西側→（国道 457）→一関
- 2008.6.29
一関→（国道 457）→矢びつダム手前→栗駒ダム北側→荒砥沢ダム東側→（国道 398）→
→花山ダム上流→温湯温泉→一関
- 2008.6.30
一関→（国道 457）→荒砥沢ダム北側→（国道 457）→一関

全体的まとめ

1. 地震の揺れと被害の特徴

今回の地震は南北に伸びる西落ち逆断層による震源が浅い地震であり、主に断層より西側の上盤側で自然斜面の地滑り・斜面崩壊などの地盤災害が生じた。断層近傍のKiK-net、K-netによる最大加速度、最大速度は表に示すとおりであり、主に断層上盤側にあたる側で1Gを超える加速度や50kineを超える速度が得られている。一関のIWTH25では最大加速度3870gal（3.9G）、最大速度80kineが上下方向で得られている。また、断層の走行がほぼ南北であったためEW方向が強い震動方向と考えられるが、必ずしもそのような明瞭な傾向は見られない。

地震計設置場所の条件に左右されにくく構造物被害を起こすエネルギーに直結する

表-1 KiK-netによる最大加速度・最大速度

	最大加速度(gal)最大速度(kine)		住所
AKTH04(東成瀬)	EW1	254.7	秋田県雄勝郡東成瀬村 岩井川字矢櫃4
	NS1	173.8	
	UD1	138.7	
	EW2	2448.2	
	NS2	1318.9	
	UD2	1095.3	
IWTH24(金ヶ崎)	EW1	169.4	岩手県胆沢郡金ヶ崎町 西根和光183-1
	NS1	209.7	
	UD1	121.0	
	EW2	434.8	
	NS2	502.4	
	UD2	341.8	
IWTH25(一関西)	EW1	747.1	岩手県一関市 巖美町字祭時251
	NS1	1034.1	
	UD1	674.9	
	EW2	1433.8	
	NS2	1141.6	
	UD2	3867.6	
IWTH26(一関東)	EW1	212.7	岩手県一関市 巖美町字入道201
	NS1	277.4	
	UD1	167.2	
	EW2	1052.9	
	NS2	888.9	
	UD2	928.2	

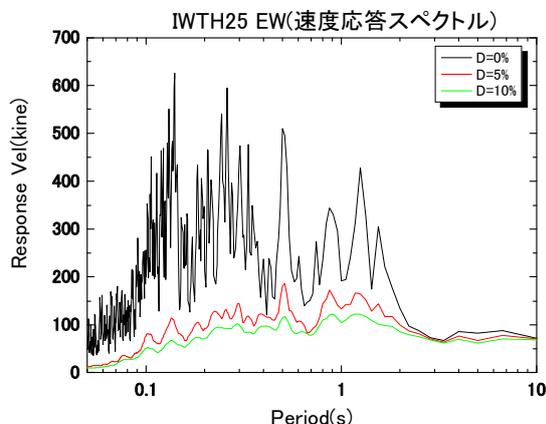


図-1 断層付近(一関西)でのKiK-net地表記録での速度応答スペクトルの一例

表-2 K-netによる最大加速度・最大速度

	最大加速度(gal)最大速度(kine)		住所
AKT0230806140843 (樺台)	EW	357.9	秋田県雄勝郡東成瀬村 樺川自堤31-2
	NS	359.5	
	UD	247.8	
IWT0100806140843 (一関)	EW	286.3	岩手県一関山目字 中野140-3
	NS	219.6	
	UD	209.6	
IWT0120806140843 (北上)	EW	236.7	岩手県北上市二子町 鳥喰214-1
	NS	277.8	
	UD	141.9	
MYG0020806140843 (歌津)	EW	277.1	宮城県本吉郡歌津町字 吉野沢61-171
	NS	309.8	
	UD	126.8	
MYG0040806140843 (築館)	EW	679.1	宮城県栗原市築館 高田2-15
	NS	740.0	
	UD	223.9	
MYG0050806140843 (鳴子)	EW	520.8	宮城県大崎市鳴子 温泉鬼首字八幡原34
	NS	440.5	
	UD	665.7	
MYG0060806140843 (古川)	EW	232.3	宮城県大崎市 古川北町3-146
	NS	237.8	
	UD	104.0	
MYG0130806140843 (仙台)	EW	310.0	宮城県仙台市 宮城野区苦竹3-6-1
	NS	168.5	
	UD	84.2	

最大速度は、1995年兵庫県南部地震、2004年中越地震、2007年中越沖地震がいずれも100kineを超えていたのに比べて小さめの値となっている。また、速度応答スペクトルの大きな周期帯は2.5秒～0.4秒くらいの間に広く分布し、上記の最近の地震のように2～3秒に圧倒的ピークを持つような特徴はない。

謝辞：本研究では、防災科学技術研究所がウェブサイトで公開している地震観測データと関連情報を全面的に使わせていただいた。ここに同サイトの立ち上げや運営・保守・データ公開などにご尽力いただいていた皆様へ深謝の意を表します。

すなわち、マグニチュード7.2の浅部地震のわりには長周期成分でのエネルギーが小さく、構造物被害も小さかったと言えよう。実際、建物被害は非常にわずかであり、さらにフィルダムや道路盛土などへの影響も限定的であった。しかし、その一方で斜面崩壊が非常に大きかったのは、この地方独特の地質の弱さによるところが大きい。

とくに、近年では我が国最大の地震地滑りとなった荒砥沢貯水池背面滑りでは、地山を構成する凝灰岩、砂岩、泥岩・砂岩互層の強度は極めて弱く、手で簡単に破碎されてNPの砂になることが確認された。また、互層の地質構造により地下水の透水層が形成されており、そこでの過剰水圧の作用が不安定化を高めた可能性も考えられる。

2. 斜面崩壊のメカニズム分類

今回の地震では2004年新潟県中越地震と同様に無数の斜面崩壊が生じ、道路通行不能や河道閉塞を引起した。現時点では一部(20～30斜面)の崩壊を現地踏査したに過ぎないが、それを元に崩壊メカニズムを以下の3種類に分類してみた。

タイプa：深い滑り面を伴った比較的剛体的な滑り。2004年中越地震に比べて剛体的特徴は弱くなり、土塊は分断されていることが多いが、それでも直立林や一部傾斜した樹木などを載せたまま移動している。移動距離は2004年中越地震に比べて大きいものが見られる。

タイプb：急な斜面での浅い滑り。2004年中越地震に比べて硬い岩盤からなる急斜面で起きている場合がおおく、巨石を含む崩壊土塊が散らばっていることが多い。残された崩壊斜面は硬質な岩盤が多く、ウェッジ的な深い窪みができていることもある。

タイプc：岩石斜面の深い滑りの大崩壊により無数の巨石を含む大崩壊が生じた場合がある。巨石の間の凝灰岩質マトリクスの強度が極めて弱かった可能性もあるが、詳細は現時点では不明。巨石自身が凝灰岩質で強度が極めて弱かったと推定された場合に、流動距離が非常に大きくなった例も見られる。

3. 斜面崩壊距離の評価

今回の地震では2004年新潟県中越地震と同様に無数の斜面崩壊が生じ、道路通行不能や河道閉塞を引起した。防災上からは将来の地震規模を想定して斜面崩壊の発生区域と崩壊斜面の流動による影響範囲を評価し、地域の防災計画やゾーンネーションマップに反映させる必要がある。しかし豪雨時斜面崩壊に比べて地震時斜面崩壊については評価がさらに難しい。とくに、崩壊した斜面がどこまで流動するかについては、簡便な評価法がないのが現状である。

当研究室では以前よりエネルギー的な崩壊斜面の流動距離の簡易評価法の開発を進めてきた。

その概要は以下の通りである。

(参考文献：Kokusho, T. and Ishizawa, T.: Energy approach to earthquake-induced slope failures and its implications, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, Vol.133, No.7, 828-840, 2007.、Kokusho, T., Motoyama, R. and Motoyama, H.: Wave energy in surface layers for energy-based damage evaluation, *Soil Dynamics & Earthquake Engineering* 27, 354-366, 2007.、石澤友浩, 國生剛治: エネルギー法による地震時斜面変形量評価法の開発, 土木学会論文集 C Vol.62, No.4, 2006. 國生・石澤・原: 中越地震斜面災害で分かったこと-崩壊斜面の調査分析と流動量評価-土木学会振興調整費平成19年度報告書.)

- 1) 地震マグニチュード M と震源距離 R を想定し、想定地点への地震波入射エネルギーと斜面崩壊に使われるエネルギー E_{EQ} を算定する。
- 2) 対象とする斜面の崩壊土塊の大きさと範囲と質量 M 、重心位置を地質的弱層（層理面など）の分布や滑り面法により決める。この時、地下水圧や地震の揺れによる弱層などの強度減少を考慮する。
- 3) 図-2 に例示するような斜面の下流側の2次元断面に基づき、まず崩壊土塊の重心位置を地震エネルギー分 (E_{EQ}/Mg : Mg は土塊の自重) だけ P から P' へ上方に移動させる。
- 4) 等価摩擦係数 $\mu = \tan \phi$ により P' から斜線をひき、斜面と交わったところまでの距離が水平流動距離 δ_r として求められる。

この方法は極めて簡単でNewmark法のような具体的な加速度波形を必要とせず、斜面の形状、等価摩擦係数、地震のマグニチュード、震源距離のみから流動距離が計算できる。ただし、等価摩擦係数 μ を個別の斜面について事前に適切に設定できるかがポイントとなる。

そのため、2004年中越地震など最近の地震において崩壊した多数の斜面についてこの方法を当てはめ、等価摩擦係数 μ を逆算してきた。その結果、崩壊タイプの違いにより多少の影響はあるものの、図-3 に示すように崩壊土体積が増加するほど μ は単調に減少していく傾向が明らかにされた。また図-4 に示すように、急勾配斜面ほど等価摩擦係数は大きく初期斜面勾配 $\beta = \tan \theta$ より大きい値を示すが、勾配が緩くなるにしたがって斜面勾配より小さな値となり、地震による何らかの影響で摩擦係数が初期勾配より低下したのち自重により滑りが起きたことが分かった。

岩手宮城内陸地震においては、崩壊土体積が7000万 m^3 とされる荒砥沢地滑り（前記タイプa）が起きたが、この場合、図-3の横軸の $10^7 m^3$ 以上のところに点がプロットされることになり、等価摩擦係数は $\mu = \tan \phi = 0.2$ 程度 ($\phi = 11^\circ$) かそれ以下になることが推定される。一方、タイプbの急勾配斜面崩壊においては、摩擦係数が $\mu = \tan \phi = 1.0$ 程度 ($\phi = 45^\circ$) あるものが多いと思われる。

今後、岩手宮城内陸地震での全崩壊斜面を対象に地震前後の斜面形状変化、流動距離、地震エネルギーなどから図-3・4のような関係を確立し、これらのデータベースを使った流動距離評価法の実用性を拡大していく予定である。

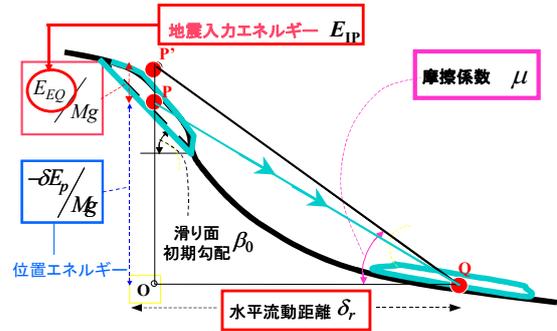


図-2 エネルギー的な斜面流動距離評価法

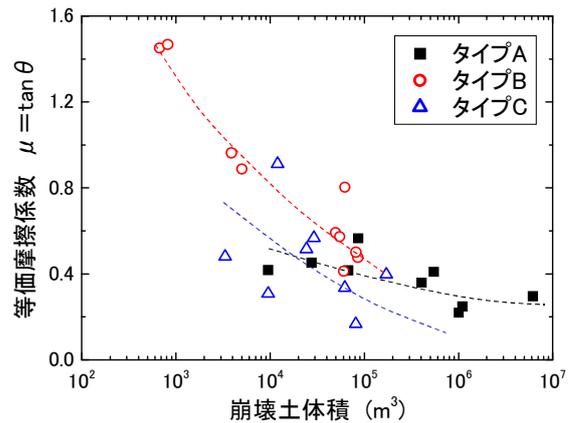


図-3 2004年中越地震での斜面崩壊の等価摩擦係数と崩壊土体積の関係

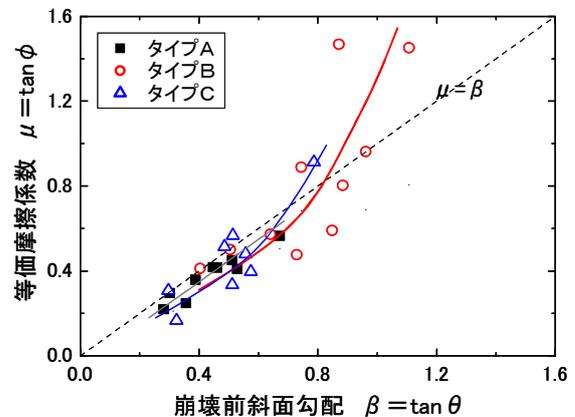


図-3 2004年中越地震での斜面崩壊の等価摩擦係数と崩壊前斜面勾配の関係